

学位論文の審査結果の要旨

土壌の重金属汚染は、日本をはじめ世界各地で問題となっているが、その対策や処理技術の開発はいまだ十分ではない。本学位論文では主に、土壌中で重金属を安定化させる不溶化法と、土壌から植物を利用し重金属を回収するファイトレメディエーション法への微生物の利用に焦点を当て研究を行っている。

土壌 pH を上昇させることで重金属を不溶化させる、アルカリ資材を用いた不溶化法は、迅速で効果的な汚染修復法であるが、これまでの研究では主に好気的な土壌を対象に研究が展開されてきた。他方、底質や水田のような嫌気的な土壌におけるアルカリ資材による不溶化法の効果については不明な点が多い。そこで第 I 章では、アルカリ資材添加や土壌水分条件が土壌中の重金属形態にどのような影響を及ぼすのかについて、i) 非湛水、ii) 湛水、iii) 非湛水+アルカリ資材施用、iv) 湛水+アルカリ資材施用の 4 条件で土壌を培養し調査した。アルカリ資材添加により、全ての重金属 (Cd・Cu・Pb・Zn) の交換態画分比率が有意に低下し、特に Cd と Zn で顕著であった。また Cd と Pb は、湛水に伴う還元化によっても交換態画分比率が低下した。これらの結果より、アルカリ資材を用いた不溶化法が、湛水条件下の重金属汚染土壌の修復においても有用であること、土壌の水分条件がアルカリ資材と同様に重金属の形態変化に大きな影響を与えることを明らかにした。湛水条件下でのアルカリ資材添加による重金属の不溶化に関する情報は極めて少なく、この研究より有用な情報が得られている。

第 II 章および III 章では、ファイトレメディエーション法において微生物を利用するための基礎的知見を得るため、植物根圏での微生物の特徴を調べている。第 II 章では、Cd・Zn 汚染土壌と Cu 汚染土壌において、根からの距離に応じて土壌試料を採取し実験に供した。土壌の種類や根圏からの距離にかかわらず、アルカリ資材添加により土壌 pH は上昇し、それに伴い重金属の交換態画分濃度は有意に低下した。またアルカリ資材添加は、細菌群集の活性や利用基質の多様度を増加させたが、菌類群集では逆の傾向が認められた。これは、アルカリ資材添加による pH 上昇により、酸および重金属に耐性な糸状菌群集の優位性が低下し、細菌群集が競合に有利になったためと推察される。アルカリ資材添加により、重金属汚染土壌の根圏における細菌群集と糸状菌群集の競合関係が変化することはこれまで報告されておらず、本研究により新たな知見が得られている。

第 III 章では、植物の生長促進や養分供給、病害微生物の防除など植物生長に寄与する様々な能力を持つ植物生長促進細菌の根圏・非根圏間での分布と特性の違いについて調査した。根圏では非根圏に比べ、分離された重金属耐性細菌の中で植物生長促進機能を有する菌株の比率が高いこと、また、シデロフォア生産能の保有率が、重金属耐性細菌において非耐性細菌より高いことが判明した。一方、オーキシンの生産能や ACC デアミナーゼ活性の保有率は、根圏と非根圏の細菌間で違いが見られなかった。植物とその根圏の微生物および重金属動態について包括的に研究した例はこれまで少なく、今回の研究により、植物生長促進細菌の生態に関して新規な基礎的情報を提供している。

本学位論文では、資材や植物を利用した汚染土壌修復技術を実用化する上で有用な基礎的知見が得られており、その成果は新規性に富み、学術上、応用上貢献するところが多く、博士（理学）の学位論文として価値あるものと判断した。

公表主要論文名

- Sumi, H., Kunito, T., Ishikawa, Y., Nagaoka, K., Toda, H., and Aikawa, Y. (2014) Effects of adding alkaline material on the heavy metal chemical fractions in soil under flooded and non-flooded conditions. *Soil Sediment Contam.*, 23(8), 899-916.
- Sumi, H., Kunito, T., Ishikawa, Y., Sato, T., Park, H.-D., Nagaoka, K., and Aikawa, Y. (2015) Plant roots influence microbial activities as well as cadmium and zinc fractions in metal-contaminated soil. *Chem. Ecol.*, 31(2), 105-110.